

# 配電変電所用 次世代保護制御システム

Next-Generation Protection and Control System for Power Distribution Substations

井上 泰典 南 裕二

■ INOUE Yasunori

■ MINAMI Yuji

配電変電所用 保護制御装置の次世代システムとして、保護リレーと監視制御の機能を一体化した保護制御ユニットをキーコンポーネントとし、Ethernet LANを適用したデジタルシステムを開発した。このシステムは、ユニットの高機能化及び機能集約化により、装置面数が削減できるとともにシステムを容易に構築できる。既設配電変電所にあるアナログシステムの老朽化に伴う更新にもおおいに寄与するものであり、新旧の配電変電所で保護制御システムの低コスト化と省スペース化が実現できる。

Toshiba has developed a next-generation digitized and Ethernet LAN-based all-in-one protection and control system for power distribution substations. The new system contains fewer components because its constituent unit is improved in performance and has aggregated functions, thus facilitating system construction. This system incorporating a high-performance unit will contribute to the renewal of aging analog power distribution substations by providing a protection and control system with reduced cost and compact size.

## 1 まえがき

電気事業を取り巻く環境や社会的要求の変化に応じて、変電所監視制御システムでは、高機能化、信頼性や保守性の向上が図られている。基幹システムの主要変電所においては、系統事故発生時に系統を保護するための保護リレー装置と、変電所内の機器制御及び監視表示を行うための監視制御システムを独立に設け、デジタル化により高機能かつ高信頼度化を図っている。更に、保護リレー装置と監視制御システムを共に2系列構成とすることにより、信頼性及び保守性の向上も図っている。

配電変電所においても同様に、保護リレー装置と監視制御システムが設置されるが、無人運転が通常であり、制御所及び営業所と専用回線で接続して、遠方から監視制御を行う。配電変電所において現在運用されている保護リレー装置と監視制御装置は共にアナログ形装置が主流であり、運用開始から年数を経て老朽化が進んでいる。

老朽化した従来のシステムを更新する場合、配電変電所は数が多いため1変電所当たりのコスト抑制が重要となる。装置のコストにケーブル布設などの工事費用や運用開始後のランニングコストを合わせた総コストの評価も必要である。また、配電変電所では装置設置スペースが限られるため、従来のシステムと同等にする、若しくはいっそうのコンパクト化を図る必要がある。以下、次世代システムのキーコンポーネントである保護制御ユニット DH-2形と、それを適用したシステム事例について述べる。

## 2 次世代システムのコンセプト

配電変電所用次世代保護制御システムのコンセプトを図1に示し、その概要を以下に述べる。

### 2.1 配電変電所監視制御システム構成の概念

配電変電所（以下、変電所と記す）構内の監視制御機能をプロセスレベルとステーションレベルに分離し、変電所構内の監視制御に必要な情報をEthernet LANで受け渡す。

ステーションレベルでは、バンク（変圧器）やフィーダ（配電

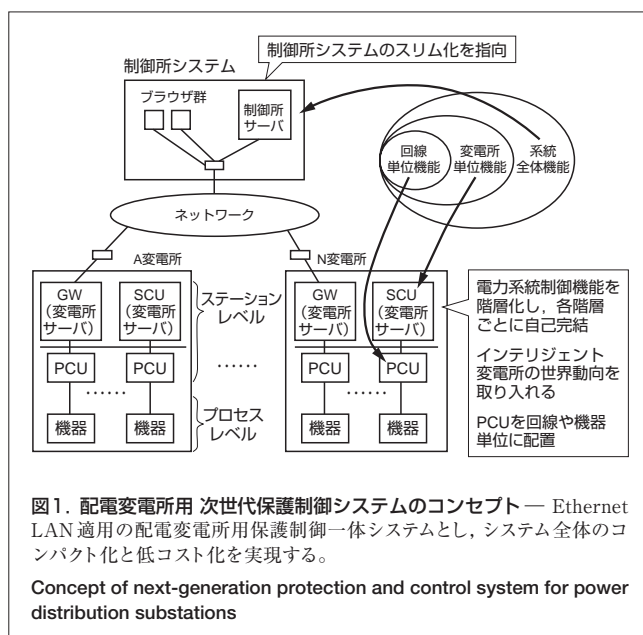


図1. 配電変電所用 次世代保護制御システムのコンセプト — Ethernet LAN適用の配電変電所用保護制御一体システムとし、システム全体のコンパクト化と低コスト化を実現する。

Concept of next-generation protection and control system for power distribution substations

線、送電線) 単位 (以下、回線単位と言う) の保護制御ユニット (PCU) と変電所サーバを Ethernet LAN で結合する。変電所サーバとして、制御システムと連携する GW (Gateway) と自所直接運転のための SCU (Station Control Unit) を設ける。

## 2.2 保護機能及び監視制御機能の最適配置

電力システムの運用・制御機能が、回線単位に閉じている機能、変電所単位に閉じている機能、及びシステム全体の判断を必要とする機能の3階層の構成から成っていることに注目し、各々の階層にプロセッサを割り当て、その階層での自己完結化を追求する。

## 2.3 保護と制御の一体化

従来の変電所では、保護装置と監視制御システムが別装置として設置されている。両者の入出力情報は、機器のオンオフ情報、トリップ、再閉路指令、入切制御指令など共通するものが多いが、別装置であるためにそれぞれの装置の設置スペースを確保し、それぞれにケーブル布設することになる。そこで保護と監視制御機能を一体化した新しいユニットをキーコンポーネントとして適用し、保護制御システムのコンパクト化と低コスト化を実現する。

## 2.4 IP (Internet Protocol) ネットワーク化への対応

将来のネットワークのIP化に対応できる構成を指向する。変電所システムの各レベルに配置した装置がウェブサーバ機能を持ち、情報端末としてネットワークへ加入する。これにより、ネットワークを介して遠隔から各装置の運用及び操作が可能となる。また、エージェント機能を用いることにより、変電所設備の保守業務、例えば日常点検業務や設備劣化診断機能を自動化し業務負担を軽減するなど、システム運用の省力化を図ることができる。

# 3 保護制御ユニット DH-2 形

保護制御装置のコンパクト化によるコスト低減、変電所新設時のスペース制約、及びアナログ盤からデジタルへの代替コスト抑制などの観点から、一つのユニットに保護と監視制御の機能を収納する。この場合、アナログ形の保護装置と監視制御装置が分離していた従来システムと同程度の信頼性を確保する必要がある。これらの要求に応じて開発した保護制御ユニット DH-2 形について述べる。

## 3.1 ハードウェア

ハードウェアの概要を表1に、構成を図2に示す。最大の特長は、保護リレーの主検出部と監視制御・事故検出部において、電源部及び入力変換器を除き、ハードウェアを分離して信頼度を向上させたことである。

各部の主な特長を以下に述べる。

**3.1.1 演算部** 高速サンプリングのアナログ入力部と RISC (Reduced Instruction Set Computer) チップ採用、

表1. 保護制御ユニットのハードウェアの概要

Hardware specifications	
項目	仕様
演算部	32ビット RISC チップ (66 MHz)
A/D 変換部	サンプリング: 電気角 7.5°, A/D 変換精度: 12ビット
アナログ入力	最大 12 量
入出力点数	【主検出リレー用標準点数】 DI: 15 点, DO: 13 点, 電源監視 DO: 1 点, 警報 DO: 1 点 【監視制御/事故検出リレー用標準点数】 主検出リレーと同点数装備
	拡張 DI/DO 点数拡張可能 (機種構成に依存) パワーリレー 3 点 (用途: 切/入/再閉路) 【配電集約ボックス】 ・保護用 MX, FDX の AND 回路 ・切/入制御と選択リレーの AND 回路
ネットワーク	10BASE-T 1 ポート (制御系と保守系 LAN 共用)
	拡張 RS485 伝送 (最大 2 ポート)
入力変換部	1 A 又は 5 A / 63.5 V 又は 110 V
HI 整定・表示	・可搬型 HI タイプ (ブラウザ対応) ・集約タイプの表示 LED・押しボタンスイッチ ・試験用オシロ出力ポート装備
	拡張 簡易表示 (アナログメータ代用): 3けた数字表示器
制御電源	DC110 V
	拡張 保護, 監視制御用に独立電源 (2 回路実装) 適用
監視・点検回路	電気協同研究会第二世代デジタルリレー相当
ユニット形態	自立盤実装ユニット/キュービクル内扉実装ユニット

MX : メイン側トリップ出力の接点を表し, M がメイン, X が接点に対応  
FDX : 事故検出 (FD) 側トリップ出力の接点を表し, FD が事故検出, X が接点に対応  
DI : デジタル入力  
DO : デジタル出力  
DC : 直流

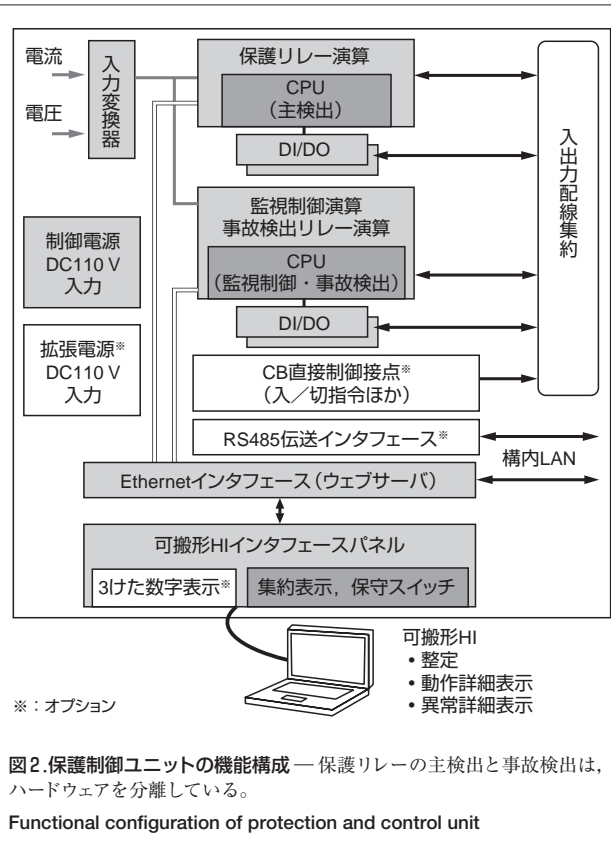


図2. 保護制御ユニットの機能構成 — 保護リレーの主検出と事故検出は、ハードウェアを分離している。

Functional configuration of protection and control unit

及びPLD (Programmable Logic Device)による機能集積化により、フィルタ処理、A/D (Analog to Digital) 変換、及び演算処理を1枚の基板で実現した。また、監視制御演算と事故検出リレー演算は同一演算部で行うようにして、基板枚数の削減を図った。

**3.1.2 入出力部** 適用する変電所やユニットの機種によって入出力点数が異なるため、入出力基板を追加できる構成とした。また、遮断器 (CB) 直接制御用パワー接点の追加や盤配線の省力化のため、配線集約ボックスをユニット背面に装着できる構成とした。

**3.1.3 伝送部** Ethernet LAN インタフェースを標準実装し、制御系と保守系で共用してハードウェアのスリム化を図った。また、Ethernet LANをまだ適用していない変電所の構内伝送システムとの接続を考慮し、RS485<sup>(注1)</sup> 伝送基板をオプションで追加実装できる構成とした。

**3.1.4 整定・表示部** 巡視点検に必要な項目を集約表示するLED (発光ダイオード) を、ユニット正面パネルに配置した。リレー整定や詳細表示、試験設定など受入試験及び定期点検に使用する項目は、パソコン (PC) から操作する可搬形ヒューマンインタフェース (HI) 方式とした。このインタフェース部にウェブサーバ機能を組み込むことにより、PCの標準ブラウザを利用できる。

**3.1.5 制御電源** 保護部と監視制御部で電源を共用することを基本構成としているが、稼働率向上の観点から、それぞれに独立した制御電源を装備することもできる。

**3.1.6 ユニット形態** 変電所の盤形態は、集合盤 (自立盤) 又は機器 (CB, LS (断路器)) を収納したキュービクルである。各々に対応させたユニットの外観を図3に示す。キュービクルは収納している機器の制約によりユニット実装スペースに奥行き制限があることから、このタイプのユニットは奥行き寸法を従来のアナログリレーユニットと同等

にした。また、端子台などはユニット側面に設け、背面での外部配線を不要にした。更に、屋外キュービクルに適用した場合の温度上昇の抑制対策として、CPU素子など自己発熱する部品に対して局所放熱構造を採用した。

### 3.2 機能

ユニットの機能について以下に述べる。

**3.2.1 保護リレー機能** 主検出と事故検出はハードウェアを分離し、各々のトリップ指令を接点で出力する。配線集約ボックスを適用した場合は、配線集約ボックス内で両出力を接続してトリップ回路を構成する。

変電所では、ユニットに故障が発生しても、保護機能に支障がなければ即時にトリップロックせず保護を継続するというニーズがある。万が一監視制御部に不良が発生した場合に、保護リレー機能が共倒れすることを防ぐため、監視制御部とハードウェアを共用する事故検出の出力は、自身の接点をバイパスして主検出用接点でトリップできる構成としている。

**3.2.2 監視制御と計測機能** 監視制御の機能として、選択制御、状態変化検出、及びテレメータ計測の各機能を事故検出リレー演算部に実装している。

**3.2.3 自動監視機能** デジタル形系統保護リレー装置と同等の自動監視機能を実装した。また、主検出部と監視制御・事故検出部とは別にEthernetインタフェース部を設けて各機能の独立性を高めるとともに、相互チェックによる常時監視の強化を図っている。

**3.2.4 アナライザ機能** 保護機能動作時の応動解析機能として、アナライザ機能を実装した。各ユニットではトリガ条件に応じた各種データ (アナログ入力量のサンプリングデータ及びデジタルデータ) の保存を行う。専用のPCソフトウェアを用いて、この保存データを取得し表示を行う。これにより事故解析が容易に行える。



(注1) 米国電子工業会 (EIA) により規定された、バス型接続ネットワークシステムの物理層規格。

## 4 保護制御システム適用例

電力会社向け保護制御システムの構成として、大きく分類して分散形と集中形の二つの形態がある。ここで述べる事例は、いずれも各電力会社にて実績のある配置構成を基本として、保護制御一体化を図ったシステムである。

### 4.1 分散形システム

分散形システムの例を図4に示す。変電所の制御室に変電所サーバを設置し、各保護制御ユニットを屋外機器近傍のキュービクルに設置する構成である。従来の単一要素の保護リレーを組み合わせる代わりに、キュービクル内扉実装タイプの保護制御ユニットを取り付け、入出力信号を屋外機器近傍で取り合う。キュービクル単位で設けたHUB (ハブ) を介してLANケーブルで制御室の変電所サーバに接続する。キュービクル内はツイストペアケーブルとし、キュー

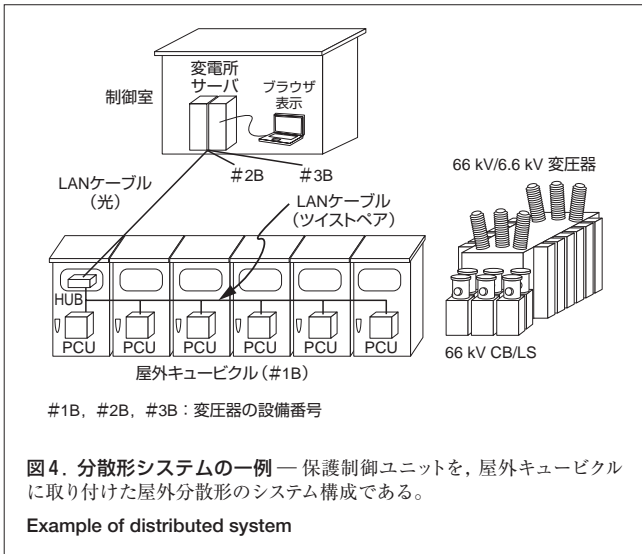


図4. 分散形システムの一例 — 保護制御ユニットを、屋外キュービクルに取り付けた屋外分散形のシステム構成である。

ビクルから制御室間は屋外のため、ノイズ及びサージを考慮して光ケーブルで布設する。従来のシステムで必須であった、遠方監視制御装置子局用の制御室までの制御ケーブル布設が不要となり、また、保護と制御で共通の信号（機器入切情報、トリップ再閉路と入切指令）を共用できるので、従来システムに比べてケーブル布設を大幅に削減できる。

#### 4.2 集中形システム

集中形システムの例を図5に示す。保護制御ユニットを集

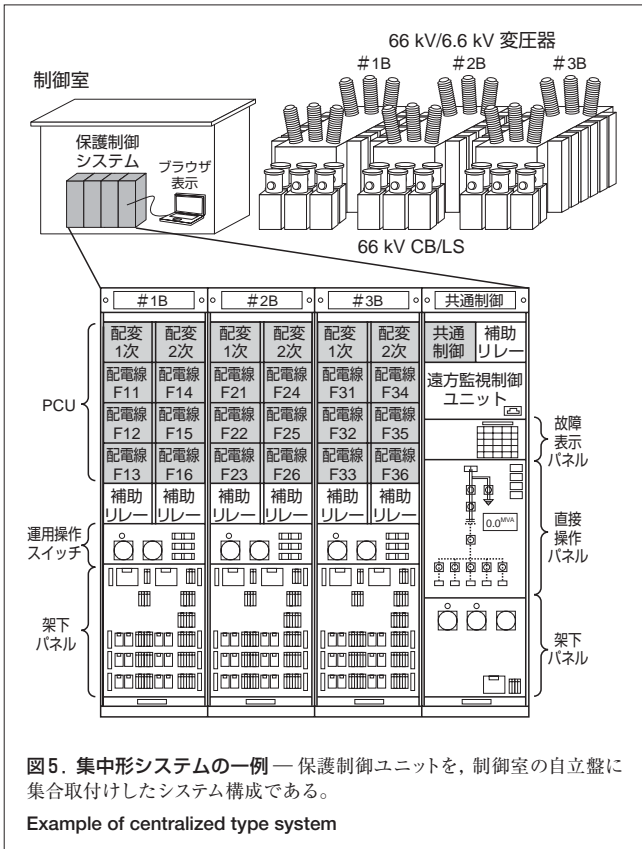


図5. 集中形システムの一例 — 保護制御ユニットを、制御室の自立盤に集合取付けしたシステム構成である。

合取付けした保護制御盤を、変電所の制御室内に設置する。バンク単位の保護制御盤と、変電所で共通となる共通制御盤を組み合わせ構成し、各保護制御ユニットを監視制御端末として装置内LANで接続する。また、共通制御盤には、制御所との通信を行う遠方監視制御ユニットと変電所の直接運転機能を実装する。直接運転機能は、この事例のように、SCUの代わりに従来システムと同等の直接操作パネル及び故障表示器を適用し簡素化することもできる。

## 5 あとがき

配電変電所用次世代保護制御システムは、保護制御ユニット DH-2形をキーコンポーネントとし、機器近傍キュービクル収納又は制御室に集合設置することにより、回線単位の分散形システムや集中形システムを構築でき、変電所保護制御システムの低コスト化と省スペース化が実現できる。この新しい保護制御システム又は保護制御ユニットは、既に各電力会社で運用されている。今後、機器監視機能などの追加実装や、IPネットワーク化に対応して、変電所システムから制御所システムまで含めたトータルシステムとして、機能の向上と運用保守の効率向上を目指していく。

## 文献

- (1) 祖父江哲也, ほか. “中水力発電所用デジタル形保護継電器の開発”. 平成12年電気学会全国大会. 東京, 2000-03, 電気学会. p.2966.
- (2) 長谷川修, ほか. “配電変電所用保護制御システムの開発”. 平成13年電気学会保護リレーシステム研究会. 東京, 2001-02, 電気学会. p.25-30.
- (3) 南 裕二, ほか. “配電用変電所向け保護制御ユニットの開発”. 平成15年電気学会全国大会. 仙台, 2003-03, 電気学会. p.455.



井上 泰典 INOUE Yasunori

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主務。変電所監視制御装置、配電変電所用保護制御装置の開発・設計に従事。

Fuchu Complex



南 裕二 MINAMI Yuji

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主務。保護継電器の開発・設計に従事。

Fuchu Complex